

Pacientes com a Doença de Parkinson são capazes de melhorar seu desempenho em tarefas virtuais do Xbox Kinect®: “uma série de casos”

Parkinson's disease patients are able to improve their performance in Xbox Kinect®'s virtual tasks: “a series of cases”

Felipe Augusto dos Santos Mendes^{1*}, Lilian Arduini², Aparecida Botelho², Mariana Busche da Cruz¹, Clarissa Cardoso Santos-Couto-Paz¹, Sandra Maria Alvarenga Anti Pompeu³, Maria Elisa Pimentel Piemonte⁴, José Eduardo Pompeu⁴

ARTIGO ORIGINAL | ORIGINAL ARTICLE

RESUMO

A utilidade dos videogames na reabilitação de pacientes com Doença de Parkinson (PDP) vem sendo demonstrada. Contudo, a discussão sobre a seleção dos jogos utilizados ainda é escassa, embora fundamental para recomendação de seu uso terapêutico. Não foram, até o momento, encontrados estudos sobre a utilização do Xbox Kinect® (XK) na reabilitação de PDP. O objetivo deste estudo foi investigar as modificações de desempenho de PDP, decorrentes do treino, por meio das mudanças nas pontuações de jogos do XK, em cada sessão. Sete PDP em estágios leve a moderado realizaram 14 sessões de treinamento em quatro jogos previamente selecionados. As pontuações foram registradas para análise da curva de desempenho entre as sessões. Foram feitas análises de variância para medidas repetidas considerando-se um grupo e 14 sessões, seguidas por testes *Post Hoc Tukey-Kramer* para verificar as diferenças entre as mesmas ($p \leq 0.05$). Os resultados mostraram que os PDP melhoraram seu desempenho em todos os jogos, porém em momentos diferentes. Concluiu-se que os PDP do presente estudo mostraram capacidade de melhorar o desempenho em jogos do XK, mas que a melhora depende das demandas e da presença de fatores facilitadores da aprendizagem, reforçando a importância da sua escolha com propósito de reabilitação.

Palavras-chave: Doença de Parkinson, Aprendizagem, Terapia de Exposição à Realidade Virtual.

ABSTRACT

The utility of videogames in rehabilitation of patients with Parkinson's disease (PPD) has been demonstrated. However, the discussion about the selection of the games used is still scarce, although crucial for the recommendation of its therapeutic use. No studies involving the use of Xbox Kinect® (XK) in the rehabilitation of PPD have been found. The objective of this study was to investigate the PPD modifications of performance through changes in the scores in each session, in different games of XK. Seven PPD in stages from mild to moderate performed 14 training sessions in 4 games selected. The scores were recorded for analysis of the performance curve intersessions. Analyzes of variance for repeated measures were made considering a group and 14 sessions, followed by post hoc Tukey-Kramer tests to verify the differences between sessions ($p \leq 0.05$). The results showed that PPD improved their performances in every game but reaching such improvements at different speeds. It was concluded that the ability to improve performance in XK games, in PPD of study, depends on the demands of the games and the presence of factors facilitating learning, emphasizing the importance of the games selection for the purpose of the rehabilitation.

Keywords: Parkinson's disease; learning; Virtual Reality, Exposure Therapy

Artigo recebido a 29.04.2014; Aceite a 15.05.2015

¹ Universidade de Brasília (UnB)–Brasília (DF), Brasil;

² CUSC, São Paulo (SP), Brasil;

³ Universidade Paulista, São Paulo, Brasil;

⁴ Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo (SP), Brasil.

* *Autor correspondente:* Centro Metropolitano, conjunto A, lote 01, Brasília - DF. CEP: 72220-900 *E-mail:* felipemendes@unb.br

INTRODUÇÃO

A reabilitação baseia-se em modificações decorrentes da prática para o aprendizado de habilidades motoras (Guadagnoli & Lee, 2004; Krakauer, 2006; Rostami & Ashayeri, 2009). Embora sua função na aprendizagem não seja completamente conhecida, os núcleos da base são fundamentais para a construção de memórias motoras (Shmuelof & Krakauer, 2011). De fato, evidências comprovam que pacientes com Doença de Parkinson (PDP) apresentam deficiências no processo de aprendizagem que prejudicam tanto a retenção como a transferência do desempenho para novas habilidades (Muslimovic, Post, Speelman, & Schmand, 2007), sendo que estas deficiências se acentuam com a evolução da doença (Silva, Pabis, Alencar, Silva, & Navarro-Peternella, 2010). Embora nos últimos anos tenham se acumulado as evidências dos efeitos positivos da fisioterapia para melhorar a capacidade funcional de PDP, incluindo melhora dos aspectos físicos da UPDRS, da força muscular, equilíbrio, marcha e percepção da qualidade de vida (Goodwin, Richards, Taylor, Taylor, & Campbell, 2008; Tomlinson et al., 2012), as deficiências no processo de aprendizagem podem limitar os efeitos terapêuticos do treinamento (Mendes et al., 2012). Assim, é particularmente importante explorar novas estratégias terapêuticas que possam facilitar o processo de aprendizagem nestes indivíduos.

A realidade virtual tem sido investigada como uma nova ferramenta terapêutica que oferece, como principal vantagem, elementos importantes para o aprendizado motor como a repetição, a retroalimentação e a motivação (Holden, 2005), que favorecem o processo de aprendizagem. Devido ao alto custo dos sistemas de realidade virtual, atualmente os mesmos se encontram disponíveis apenas em centros de pesquisa (Meldrum et al., 2012). Assim, tem crescido o interesse em se investigar o potencial terapêutico de videogames comerciais que, além de permitir que a interação com o computador seja realizada com todos os seguimentos corporais, são portáteis, de baixo custo e podem ser utilizados em pequenos espaços. Por isso, sua aplicação clínica tem se ampliado independente

das evidências científicas dos seus efeitos. O primeiro videogame que ganhou destaque dentro da reabilitação foi o *Nintendo Wii*® (NW) (Meldrum et al., 2012; Williams, Soiza, Jenkinson, & Stewart, 2010; Yamada et al., 2011). Estudos mostraram efeitos positivos da utilização do NW para a reabilitação de PDP, demonstrando que os mesmos são capazes de melhorar o desempenho em jogos desse videogame e de consolidar a sua aprendizagem com retenção de longa duração dos efeitos obtidos e transferência para testes clínicos de equilíbrio (Mendes et al., 2012; Pompeu et al., 2012). Os resultados do estudo de Pompeu et al (2012) foram os primeiros a indicar que a fisioterapia associada ao uso de jogos do NW é eficiente para melhorar o equilíbrio de PDP e estudos mais recentes confirmaram o potencial terapêutico do NW para a reabilitação desses pacientes (Herz et al., 2013; Mhatre et al., 2013).

Outro videogame, com tecnologia mais avançada que o NW, tem gerado grande interesse entre os profissionais que trabalham em reabilitação: o *Xbox Kinect*® (XK) da *Microsoft*®. Este videogame também oferece um grande repertório de jogos que envolvem movimentos de diversos segmentos corporais em tarefas com diferentes níveis de complexidade motora e cognitiva. Sua principal vantagem é que sua tecnologia permite a interação do jogador com o jogo sem utilização de controles manuais, por meio de um sistema de reconhecimento de gestos por câmeras, em tempo real e em três dimensões (Chang, Chen, & Huang, 2011). Isso proporciona uma interface mais natural com o jogador, o que pode potencializar o processo terapêutico (Taylor, McCormick, Shawis, Impson, & Griffin, 2011). De fato, sendo uma tecnologia recente, poucos estudos investigaram os efeitos terapêuticos do XK. Alguns estudos discutiram sua utilização na ataxia (Ilg et al., 2012), na hemiparesia (Lloréns, Alcañiz, Colomer, & Navarro, 2012), na paralisia cerebral e distrofia muscular (Chang et al., 2011) e em outras lesões neurológicas (Lange et al., 2011). Até o momento, não há estudos que investigaram a aplicação terapêutica do XK em PDP.

Assim, o objetivo deste estudo foi investigar as modificações de desempenho de PDP

decorrentes do treino, por meio das mudanças nas pontuações em cada sessão, em diferentes jogos do XK.

MÉTODOS

Trata-se de uma série de casos.

Amostra

Participaram do estudo sete pacientes (seis homens e uma mulher), com diagnóstico de DP idiopática de acordo com os critérios do Banco de Cérebros de Londres (Hughes, Daniel, Kilford, & Lees, 1992), em tratamento com levodopa, em estágio leve a moderado segundo a escala de Hoehn e Yahr (Goetz et al., 2004), recrutados por conveniência na lista de espera da clínica de Fisioterapia do Centro Universitário São Camilo (CUSC) em São Paulo (Tabela 1). Os critérios de inclusão foram: idade entre 50 e 80 anos, apresentar DP idiopática diagnosticada por neurologista e pontuação de 1 a 3 segundo escala de Hoehn e Yahr, pontuação mínima de 24 no Mini Exame do Estado Mental (Brucki, Nitrini, Caramelli, Bertolucci, & Okamoto, 2003), acuidade visual e auditiva preservadas ou corrigidas. Critérios de exclusão: ausência de outras doenças neurológicas, além da DP, ou ortopédicas detectáveis, ter experiência prévia com Xbox Kinect® e frequentar outro programa de reabilitação durante o treinamento. Foram obtidos os termos de consentimento antes do início do estudo, que garantiam o anonimato e confidencialidade dos dados e que foram aprovados pelo Comitê de Ética e Pesquisa do CUSC (registro: 0147.0.166.000-11).

Tabela 1

Características dos pacientes

Paciente	Idade	HY	MEEM
1	80	2	27
2	62	2	29
3	79	2	26
4	75	2	29
5	71	3	26
6	81	3	25
7	59	2	28
Médias	72.43	2.29	26.29
DPad	8.87	0.49	3.15

Nota: HY = escala de Hoehn e Yahr; MEEM = mini exame do estado mental; DPad = Desvio Padrão;

Instrumentos

No presente estudo foram utilizados dois instrumentos de avaliação para a definição dos critérios de inclusão:

1. Escala de incapacidades de Hoehn e Yahr: Utilizada para avaliação clínica de PDP descreve as grandes categorias de disfunção motora na DP, indicando o estado geral do paciente. Compreende cinco estágios de classificação para avaliar a gravidade da DP e abrange, essencialmente, medidas globais de sinais e sintomas que permitem classificar o indivíduo quanto ao nível de incapacidade. Os pacientes classificados nos estágios 1, 2 e 3 apresentam incapacidade leve a moderada, enquanto os que estão nos estágios 4 e 5 apresentam incapacidade mais grave. Este instrumento tem sido comumente descrito na literatura e apresenta propriedades psicométricas adequadas (Goetz et al., 2004);

2. Mini Exame do Estado Mental (MEEM): O MEEM é um instrumento de rastreio de comprometimento cognitivo podendo ser utilizado como ferramenta clínica na detecção de perdas cognitivas, no seguimento evolutivo de doenças e no monitoramento de resposta ao tratamento ministrado e como instrumento de pesquisa em estudos epidemiológicos populacionais fazendo parte integrante de várias baterias neuropsicológicas. Suas questões avaliam orientação temporal e espacial, memória imediata, atenção, cálculo, evocação de palavras, linguagem e capacidade construtiva visual. Seu escore varia de 0 a 30 e, usualmente, o valor de corte é de 24. Este instrumento tem sido comumente descrito na literatura e apresenta propriedades psicométricas adequadas (Brucki et al., 2003).

Para o treinamento foi utilizado o videogame *Xbox Kinect® 360* da *Microsoft®* e seu pacote de jogos *Kinect Adventures®* do qual foram treinados 4 jogos. O videogame proporciona uma interface com o jogador que não depende de controlos remotos e utiliza câmaras de vídeo, por meio de um sistema de reconhecimento de gestos e sensores de profundidade. A combinação dos sensores possibilita a captura da movimentação do corpo todo, em tempo real e em três

dimensões (Chang et al., 2011). A projeção dos jogos foi feita por meio de um projetor multimídia em uma tela de lona de 2.0 x 2.0 metros de dimensões, que foi posicionada a 2 metros de distância do jogador.

A seleção dos jogos foi direcionada pelas análises das demandas motoras e cognitivas oferecidas por cada um deles e pela presença de fatores potencialmente facilitadores do processo de aprendizagem. Após a análise de 10 jogos foram selecionados os jogos *Space Pop*, *20,000 leaks*, *Reflex Ridge* e *River Rush*. Esses jogos foram selecionados porque envolvem ajustes posturais necessários para o alcance de objetos, deslocamento multidirecional do corpo e troca de passos. No jogo *Space Pop* os jogadores devem tocar esferas virtuais rapidamente com movimentos dos braços e deslocamentos do

centro de gravidade (CG). No *20,000 leaks* o avatar do jogador está dentro de um cubo de vidro sob a água. Os jogadores têm que movimentar partes do corpo para tampar buracos no cubo, evitando vazamentos. No jogo *Reflex Ridge* o avatar se mantém sobre uma plataforma que se move sobre trilhos, devendo desviar de obstáculos e tocar esferas virtuais. No *River Rush* o avatar está sobre uma jangada que deve ser controlada por deslocamentos do CG do jogador com intuito de tocar esferas virtuais no leito de um rio.

Todos os jogos oferecem, ao término da tentativa, uma pontuação numérica, proporcional ao desempenho do participante.

A tabela 2 resume as principais demandas motoras e cognitivas de cada jogo, além de seus elementos facilitadores da aprendizagem.

Tabela 2

Principais demandas motoras e cognitivas e elementos facilitadores da aprendizagem de cada um dos jogos.

Jogos	Demanda Motora	Demanda Cognitiva	Elementos Facilitadores
Space Pop	Deslocamento ântero-posterior e látero-lateral do CG; passos multidirecionais; movimentos de MMSS.	Atenção a vários alvos; dupla tarefa, planejamento; tempo de reação.	Pistas visuais: esferas móveis Pistas auditivas: ritmos musicais direcionadores Retroalimentação: avatares, sons de êxito e pontuação em tempo real
20.000 leaks	Baixar, elevar e deslocar o CG lateralmente; passos multidirecionais; movimentos dos MMSS e cabeça; controle antecipatório do equilíbrio.	Atenção a vários alvos; dupla e multitarefa motora; planejamento de movimentos; tempo de reação.	Pistas visuais: deslocamento dos peixes Pistas auditivas: sons de vazamento Retroalimentação: avatares, sons de êxito e pontuação em tempo real
Reflex Ridge	Movimentos de MMSS adequados à orientação das esferas; baixar o CG; passos laterais para esquivar-se; saltar.	Planejar movimentos de MMSS para pegar esferas e para desviar dos obstáculos; atenção a vários alvos.	Pistas visuais: esferas estáticas Pistas auditivas: ritmos musicais direcionadores Retroalimentação: avatares, sons de êxito e pontuação em tempo real
River Rush	Deslocamento látero-lateral do CG ou passos laterais; saltos.	Atenção a vários alvos; Planejamento; atenção seletiva.	Pistas visuais: esferas estáticas Pistas auditivas: ritmos musicais direcionadores Retroalimentação: avatares, sons de êxito e pontuação em tempo real

Nota: CG = centro de gravidade; MMSS = membros superiores

Treinamento

Os participantes realizaram 14 sessões de treinamento individual supervisionado por um mesmo fisioterapeuta, três vezes por semana, respeitando o período *on* da medicação, sempre no período da manhã, nos mesmos dias da semana e com intervalo mínimo de 48 horas entre cada sessão. Antes da primeira sessão,

todos os jogos tiveram seus objetivos apresentados. Para a familiarização, foi permitida a realização de uma tentativa por jogo que foi realizada no mesmo dia da primeira sessão.

As sessões foram compostas pelo treinamento aleatório dos quatro jogos previamente selecionados, por meio de sorteio da sequência de jogos a serem treinados em cada sessão. Os

participantes realizaram três tentativas por jogo em cada sessão, sendo que nas duas primeiras tentativas eles foram sempre auxiliados verbalmente e por meio de contato manual do fisioterapeuta no corpo do paciente sobre a melhor e mais correta forma de se movimentar para atingir os objetivos dos jogos. Nas terceiras tentativas eles jogaram sem auxílio e as pontuações foram registradas para posterior análise das curvas de aprendizagem em cada jogo.

Análise Estatística

Foi realizada uma análise descritiva por meio do cálculo da média e do desvio padrão das variáveis: idade, estágio da doença (Hoehn e Yahr) e escore no MEEM. Além disso, foram calculadas as médias, desvios padrão e intervalos de confiança de 95% das pontuações dos participantes em cada sessão de cada jogo. Foi realizado o teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar a normalidade dos dados referentes à pontuação obtida em cada jogo em cada uma das sessões de treinamento. Após a confirmação da distribuição normal das pontuações, foram

realizadas quatro análises de variância para medidas repetidas (ANOVAs), uma para cada jogo, 1x14, considerando-se como grupo cada jogo e as 14 condições (cada sessão foi considerada uma condição), seguidas por testes *Post Hoc Tukey-Kramer* para verificar as diferenças entre as sessões de treinamento, com um nível de significância de 5%. Optou-se pelo uso da ANOVA, pois foram realizadas 13 comparações para cada jogo treinado (ANOVA 1X14), ou seja, a pontuação das sessões 2 a 14 foram comparadas com a sessão 1. Para a análise da taxa de desempenho, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson considerando-se a pontuação e o número de sessões. A análise estatística foi realizada por meio do software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 17.0.

RESULTADOS

A Tabela 3 mostra as médias, desvios padrão e intervalos de confiança de 95% das pontuações dos participantes em cada sessão de cada jogo.

Tabela 3.

Médias, desvios padrão e intervalos de confiança a 95% das pontuações dos participantes em cada sessão de cada jogo.

Sessão	Jogos							
	<i>Space Pop</i>		<i>20000 leaks</i>		<i>Reflex Ridge</i>		<i>River Rush</i>	
	Média (DP)	IC 95%	Média (DP)	IC 95%	Média (DP)	IC 95%	Média (DP)	IC 95%
1	150(36)	126 a 174	75(18)	61 a 89	181(36)	164 a 199	45(17)	32 a 58
2	181(32)	156 a 205	85(13)	71 a 99	195(25)	177 a 212	54(15)	42 a 67
3	177(30)	153 a 201	88(18)	74 a 102	199(18)	182 a 217	72(10)	59 a 85
4	168(39)	144 a 193	83(20)	69 a 97	210(15)	192 a 227	66(20)	53 a 79
5	194(26)	169 a 218	90(15)	76 a 105	218(17)	201 a 236	67(16)	55 a 80
6	192(32)	167 a 216	95(18)	80 a 109	209(29)	192 a 227	74(14)	61 a 87
7	194(26)	169 a 218	96(21)	81 a 110	218(14)	201 a 236	74(10)	61 a 87
8	190(34)	166 a 215	99(19)	85 a 113	218(19)	200 a 235	71(20)	58 a 84
9	195(34)	170 a 219	96(24)	82 a 110	224(19)	207 a 241	63(15)	50 a 76
10	187(34)	162 a 211	98(21)	83 a 112	219(25)	201 a 236	71(18)	59 a 84
11	195(33)	170 a 219	92(23)	77 a 106	220(19)	203 a 238	78(19)	65 a 91
12	209(24)	184 a 233	101(20)	86 a 115	217(15)	200 a 234	77(20)	64 a 89
12	202(35)	178 a 226	100(17)	86 a 114	204(31)	187 a 222	70(13)	57 a 83
14	197(28)	173 a 221	105(12)	91 a 119	223(21)	206 a 240	77(21)	64 a 90

Nota: DP = desvio padrão; IC = intervalo de confiança.

A partir da análise dos dados referentes ao desempenho dos participantes durante o treino, puderam-se observar melhoras estatisticamente significativas nas pontuações em todos os jogos, quando estas foram comparadas às das primeiras

sessões de cada jogo, ou seja, houve melhora no desempenho em todos os jogos ao se comparar as pontuações obtidas nas sessões 2 a 14 com a sessão 1 de cada jogo.

A figura 1 mostra que, em relação ao jogo *Space Pop*, houve aumento estatisticamente significativo da pontuação já a partir da segunda sessão de treinamento ($F = 8.21$; $p = .0001$; $Effect\ size = .98$). Também houve aumento

estatisticamente significativo das pontuações nas demais sessões quando comparadas com a primeira sessão. Houve forte correlação positiva entre o número de sessões e a pontuação obtida (coeficiente de correlação de Pearson, $r = .8$).

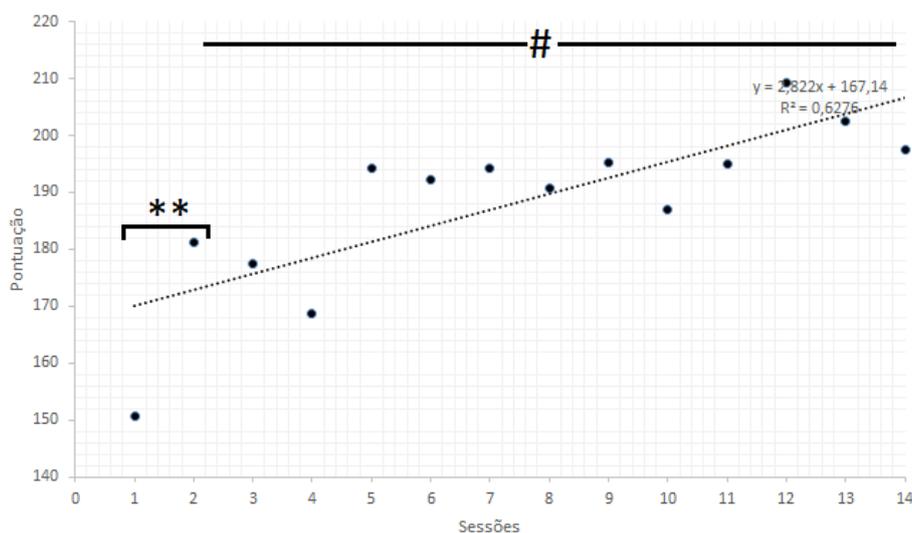


Figura 1. Médias e erros padrão das pontuações dos participantes no jogo *Space Pop*, em todas as sessões de treino. ** Diferença estatisticamente significativa entre a 2ª e a 1ª sessão (Teste Post Hoc de Tukey-Kramer, $p < 0,01$). # As demais sessões a partir da 2ª também apresentaram diferença em relação à 1ª sessão.

Aumento estatisticamente significativo dos desempenhos no jogo *20.000 Leaks* foi observado a partir da 5ª sessão ($F = 3.73$; $p = 0.021$; $Effect\ sizes = 0.77$). A melhora dos desempenhos manteve-se até a 14ª (Figura 2). Houve forte correlação positiva entre o número de sessões e a pontuação obtida (coeficiente de correlação de Pearson, $r = .9$).

No jogo *Reflex Ridge*, ao se comparar a pontuação obtida na primeira sessão com os da 2ª e 3ª sessões, não houve diferença estatisticamente significativa. No entanto, houve melhor desempenho, estatisticamente significativo, na 4ª sessão quando comparado com a primeira sessão ($F = 4.52$; $p = .014$; $Effect\ size = .81$). Esta melhora manteve-se ao longo das demais sessões (figura 3). Houve forte correlação positiva entre o número de sessões e a pontuação obtida (coeficiente de correlação de Pearson, $r = .7$).

No jogo *River Rush* não houve diferença estatisticamente significativa entre as pontuações obtidas na 2ª sessão com a primeira sessão. Houve melhora no desempenho dos participantes a partir da 3ª sessão de treinamento ($F = 4.15$; $p = .010$; $Effect\ size = .86$). Esta

melhora manteve-se até a 14ª sessão (figura 4). Houve forte correlação positiva entre o número de sessões e a pontuação obtida (coeficiente de correlação de Pearson, $r = .7$).

DISCUSSÃO

O presente estudo investigou a capacidade de PDP de melhorar seu desempenho em quatro jogos do Xbox Kinect®, após 14 sessões de treinamento. Os resultados levantaram dois pontos relevantes:

1. Houve melhora de desempenho em todos os quatro jogos treinados;
2. As melhoras ocorreram em diferentes períodos do treinamento.

Sobre o primeiro ponto verificou-se, por meio das fortes correlações positivas encontradas entre as sessões e as pontuações obtidas em todos os jogos, que os pacientes mostraram elevadas taxas de melhora nos desempenhos nos jogos selecionados. Isto sugere que esses jogos provavelmente apresentam alto potencial terapêutico e poderiam ser indicados como alternativa de treinamento motor para pacientes com DP.

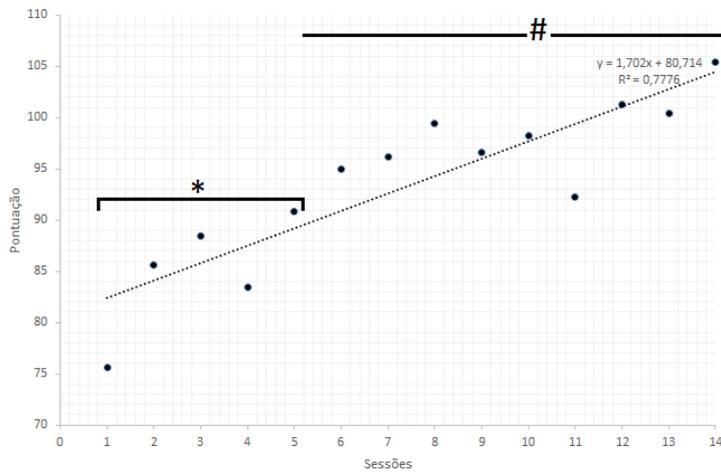


Figura 2. Médias e erros padrão das pontuações dos participantes no jogo 20.000 Leaks, em todas as sessões de treino. * Diferença estatisticamente significativa entre a 5ª e a 1ª sessão (Teste Post Hoc de Tukey-Kramer, $p < 0.05$). # As demais sessões a partir da 5ª também apresentaram diferença em relação à 1ª sessão.

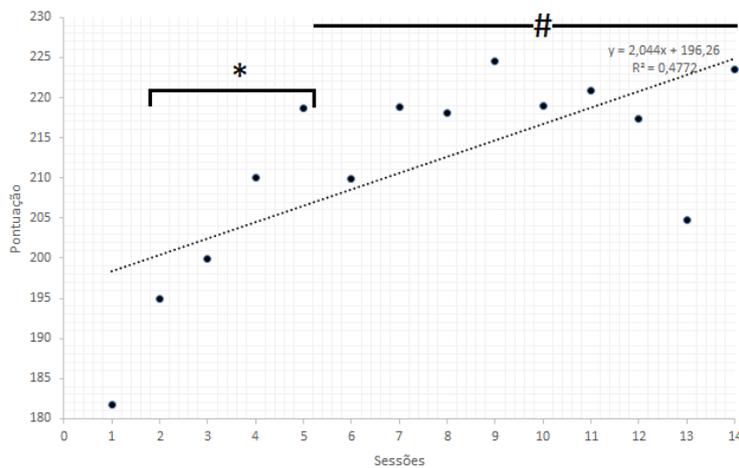


Figura 3. Médias e erros padrão das pontuações dos participantes no jogo Reflex Ridge, em todas as sessões de treino. * Diferença estatisticamente significativa entre a 4ª e a 1ª sessão (Teste Post Hoc de Tukey-Kramer, $p < 0.05$). # As demais sessões a partir da 4ª também apresentaram diferença em relação à 1ª sessão.

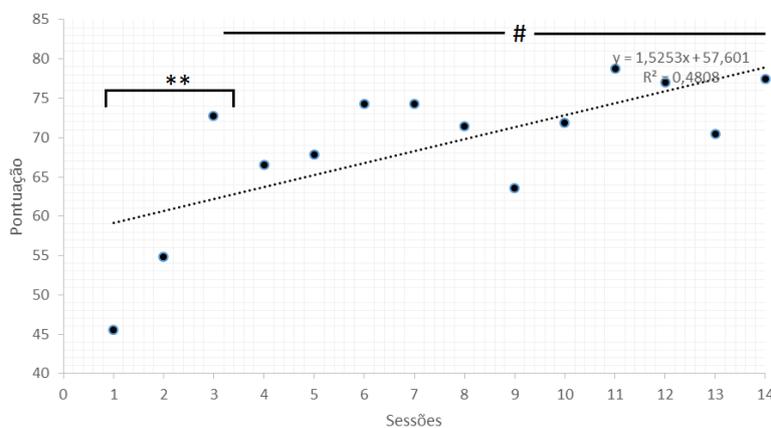


Figura 4. Médias e erros padrão das pontuações dos participantes no jogo River Rush, em todas as sessões de treino. ** Diferença estatisticamente significativa entre a 3ª e a 1ª sessão (Teste Post Hoc de Tukey-Kramer, $p < 0.01$). # As demais sessões a partir da 3ª também apresentaram diferença em relação à 1ª sessão.

Sobre o primeiro ponto ainda, acredita-se que a melhora de desempenho verificada em todos os jogos seja decorrente da somatória de três fatores: demandas motoras e cognitivas presentes nos jogos que exigiram que os pacientes treinassem habilidades específicas e comprometidas pela doença; aspectos dos jogos que se refletem em elementos importantes para o aprendizado motor como a repetição, motivação e retroalimentação e que, possivelmente, potencializaram esse treino; presença de elementos facilitadores do movimento em PDP, como as pistas visuais e auditivas ofertadas pelos jogos.

Quanto às demandas motoras, todos os jogos exigiram alternância de passos e deslocamentos do centro de gravidade (CG), de forma multidirecional. Acredita-se que a prática física dessas habilidades motoras, comprometidas pela doença, durante o treinamento nos jogos pode ter sido corresponsável pela melhora de desempenho observada em todos eles, em consequência da melhora de tais habilidades. Já há alguns estudos mostrando efeitos benéficos do treinamento cognitivo-motor por meio de jogos de videogames sobre tais habilidades em PDP. Esses estudos mostraram melhoras significativas nas pontuações de escalas clínicas que avaliam aspectos de marcha e/ou equilíbrio como por exemplo: *6-minute walk test*, *Balance Evaluation System Test*, *Dynamic Gait Index* (Pompeu et al., 2014), *Berg Balance Scale*, *Dynamic Gait Index* e oscilação postural ortostática estática (Mhatre et al., 2013), *Berg Balance Scale* (Pompeu et al., 2012).

Sobre as demandas cognitivas, todos os jogos exigiram atenção a vários alvos e planejamento. Da mesma forma que as demandas motoras, acredita-se que a prática dessas habilidades, também comprometidas em PDP, mesmo em estágios iniciais, possa ter melhorado seu desempenho nessas habilidades, influenciando na melhora do desempenho observado em todos os jogos. Embora muito escassa, a literatura já tem estudos mostrando melhora cognitiva em PDP após treinamento com videogames nos domínios da atenção (Zimmermann et al., 2014) e das funções executivas (Pompeu et al., 2012).

A possibilidade de prática repetitiva de habilidades motoras e cognitivas comprometidas, que pôde ser incorporada no treinamento do presente estudo, é uma das vantagens do uso terapêutico da realidade virtual. A repetição facilita a produção de movimentos por meio de modificações neurofisiológicas e comportamentais que são decorrentes de mecanismos neuroplásticos e são importantes variáveis no reaprendizado de habilidades motoras (Adamovich, Fluet, Tunik, & Merians, 2009).

Contudo, não é apenas a repetição que favorece o aprendizado motor, mas também a motivação e a retroalimentação disponíveis. A prática repetitiva deve estar associada à verificação de obtenção de sucesso progressivo e, para que se pratiquem movimentos de forma frequente e intensa, os participantes devem estar motivados (Holden, 2005). Todos os jogos treinados no presente estudo continham elementos motivadores como estímulos visuais e auditivos que indicavam a obtenção de sucesso nas tarefas como ganho de moedas de ouro, aumento da pontuação em tempo real, passagem para fases mais avançadas dos jogos, sons com efeito motivador, entre outros. Entende-se que esses elementos, possivelmente, tenham ajudado a manter a motivação dos participantes para o treinamento, minimizando a monotonia da repetição dos movimentos.

Em todos os jogos a retroalimentação dos movimentos por meio de estímulos visuais e auditivos, estava presente continuamente. Alguns estudos têm mostrado capacidade de melhora no desempenho em tarefas cognitivo-motoras em PDP, particularmente em condições de treino que ofereçam esses estímulos e direcionem a movimentação (Almeida & Bhatt, 2012; Espay et al., 2010). Em estudo que avaliou o controle postural de PDP, a retroalimentação visual e auditiva do CG levou à redução da oscilação corporal (Waterston, Hawken, Tanyeri, Jäntti, & Kennard, 1993). Isso sugere que as retroalimentações visuais e auditivas dos jogos do presente estudo, podem ter facilitado o controle da estabilidade e melhorado o desempenho dos pacientes.

Todos os jogos utilizados neste estudo apresentavam avatares que reproduziam os movimentos realizados pelo jogador, provavelmente favorecendo a melhora do desempenho por meio de retroalimentação. De fato, alguns estudos discutem que a observação da ação de um avatar pode aumentar os efeitos do treinamento, ativando neurônios espelhos (Buccino et al., 2011; Pelosin et al., 2010).

A melhora de desempenho verificada em todos os jogos sugere também que as habilidades motoras e cognitivas exigidas pelos jogos e deficientes em PDP, podem ter tido seu treinamento potencializado por fatores facilitadores como pistas visuais e auditivas presentes em todos os jogos. Estudos mostraram que dificuldades em habilidades motoras como iniciação e alternância de passos presentes em PDP podem ser reduzidas pela presença de pistas visuais e auditivas (Cho et al., 2010; de Bruin et al., 2010). Somente um estudo, até o momento, investigou os efeitos de pistas visuais virtuais sobre aspectos temporais e cinemáticos da marcha em PDP (Griffin et al., 2011). Seus resultados mostraram que elas reduziram o tempo de realização da tarefa de marcha que simulou desafios comumente presentes no “mundo real” como os desencadeadores de congelamento da marcha. Sobre as pistas auditivas alguns estudos têm mostrado efeitos positivos de treinamentos de marcha utilizando música adequada à cadência, sobre diferentes aspectos da marcha em PDP como velocidade, tempo de passada, cadência (de Bruin et al., 2010), comprimento da passada e velocidade no Timed Up and Go Test (de Dreu, van der Wilk, Poppe, Kwakkel, & van Wegen, 2012).

Da mesma forma, a utilização das pistas pode reduzir o impacto de deficiências cognitivas típicas da doença como divisão de atenção e/ou tempo de reação sobre o comprimento do passo, velocidade e cadência da marcha (Mak, Yu, & Hui-Chan, 2013), sobre o congelamento da marcha (Spildooren et al., 2012) e sobre o comprimento da passada (Lohnes & Earhart, 2011).

O segundo ponto relevante foi a verificação de melhora de desempenho em diferentes períodos

do treinamento nos jogos. Assim, o jogo *Space Pop* foi o que apresentou melhora de desempenho após o mais breve período de treino (duas sessões), seguido pelo *River Rush* (3 sessões), *Reflex Ridge* (4 sessões) e finalmente o *20.000 Leaks*, no qual se observou melhora de desempenho após cinco sessões de treino.

Considerando que as condições de treinamento e o número de tentativas foram os mesmos para todos os jogos, as diferenças no número de sessões exigidas para melhora dos desempenhos só poderiam ser atribuídas às diferentes demandas motoras e cognitivas dos mesmos.

Sobre as demandas motoras, em três jogos foi exigida, adicionalmente, movimentação de membros superiores (MMSS). O objetivo e o tipo dessa movimentação parecem ter influenciado na velocidade de melhora no desempenho visto que quando esses movimentos objetivavam posicionar o avatar facilitando o contato com os alvos virtuais (*Space Pop*) foi observada a melhora mais rápida no desempenho entre todos os jogos, já a partir da segunda sessão. Não se verificou o mesmo quando essa movimentação foi exigida para tocar objetos virtuais móveis. Nos jogos que tinham tal demanda (*Reflex Ridge* e *20.000 Leaks*) o desempenho melhorou mais tardiamente que nos demais. Em *20.000 Leaks*, provavelmente, a melhora mais tardia está relacionada a uma exigência adicional de controlar antecipatoriamente o equilíbrio para vedar os orifícios no cubo de vidro, movimentando partes do corpo simultaneamente. De fato, estudos têm mostrado que os ajustes posturais antecipatórios de PDP são bradicinéticos e de reduzida amplitude, dificultando a preparação e iniciação motora (Bleuse et al., 2008; Latash, Aruin, Neyman, & Nicholas, 1995; Mancini, Zampieri, Carlson-Kuhta, Chiari, & Horak, 2009). Essas deficiências não impediram, contudo, a melhora na pontuação ao longo do treino.

Em relação às demandas cognitivas, dois jogos exigiam, adicionalmente, dupla (*Space Pop*) ou multitarefas (*20.000 Leaks*), além de ações que exigiam tempo de reação para que os objetivos fossem alcançados. Em *20.000 Leaks* o jogador

devia movimentar rapidamente as extremidades evitando vazamentos, o que exigiu divisão de atenção e tempo de reação. Em *Space Pop* o jogador devia movimentar MMSS para flutuar o avatar e tocar esferas virtuais simultaneamente ao deslocamento do CG ou troca de passos, reproduzindo uma condição de dupla tarefa, rapidamente, pois as esferas repentinamente desapareciam, exigindo novamente tempo de reação. Mesmo na presença dessas demandas, a melhora no desempenho foi verificada nesses jogos, embora em diferentes velocidades.

Estudos que discutiram os efeitos das duplas ou multitarefas sobre o controle de equilíbrio na DP mostraram que eles apresentaram dificuldades quando outras tarefas motoras ou cognitivas foram exigidas simultaneamente (Bloem, Grimbergen, van Dijk, & Munneke, 2006; Dromey et al., 2010; Holmes, Jenkins, Johnson, Adams, & Spaulding, 2010). Assim, a combinação das demandas cognitivas (multitarefas e tempo de reação) e das demandas motoras (ajustes posturais antecipatórios) possivelmente explica o maior período necessário para obtenção de melhora de desempenho dos pacientes em 20.000 *Leaks* em relação à *Space Pop*, no qual não houve tal combinação.

Estudos que investigaram o tempo de reação de PDP mostraram que os mesmos apresentaram lentidão no processo de tomada de decisão quando comparados aos controles, principalmente na presença de estímulos visuais distraidores (Akamatsu, Fukuyama, & Kawamata, 2008; Camicioli, Wieler, de Frias, & Martin, 2008). As exigências da tarefa associadas à rapidez na tomada de decisão, sob influência de estímulos distratores presentes em maior número em 20.000 *Leaks*, provavelmente também retardaram a melhora no seu desempenho. Apesar de também exigir tempo de reação, em *Space Pop*, as esferas virtuais permaneciam mais tempo disponíveis, podendo ter trazido pouca influência negativa à pontuação.

Tomados em conjunto, esses resultados indicam que quando habilidades comprometidas na DP são exigidas em combinações específicas (ex. equilíbrio antecipatório associado à dupla ou multitarefas e tempo de reação) e na presença de estímulos distraidores, elas podem dificultar a

melhora do desempenho com a prática. Entretanto, quando outras habilidades comprometidas (como troca de passos, deslocamentos do CG, movimentos rápidos de extremidades, atenção a vários alvos e planejamento) são exigidas de forma não associada e na presença de elementos facilitadores, não parecem prejudicar a capacidade dos pacientes de melhorar o desempenho nas mesmas. Isto sugere que mesmo habilidades prejudicadas na DP podem ter o seu desempenho melhorado pelo treino, sendo esta uma importante implicação deste estudo.

É importante destacar que se tratam de resultados preliminares, obtidos com um número limitado de pacientes, restrito a poucos jogos do XK, sem a comparação com um grupo controle saudável, com ausência de avaliações da retenção dos desempenhos e de possíveis transferências de aprendizagem. Entende-se, portanto, como direcionamentos relevantes para investigações futuras: a realização de ensaios clínicos randomizados; ampliando-se o número de jogos, pacientes e sessões; analisando pacientes com DP em outros estágios da doença; e implementando verificações da retenção e da transferência da aprendizagem para situações reais.

CONCLUSÃO

Concluiu-se que os pacientes com DP do presente estudo foram capazes de melhorar seu desempenho em jogos do XK após diferentes períodos de treinamento, conforme suas demandas motoras e cognitivas e suas ofertas de elementos facilitadores do processo de aprendizagem.

Agradecimentos:

Nada a declarar.

Conflito de Interesses:

Nada a declarar.

Financiamento:

Nada a declarar

REFERÊNCIAS

- Adamovich, S. V., Fluett, G. G., Tunik, E., & Merians, A. S. (2009). Sensorimotor training in virtual reality: a review. *NeuroRehabilitation*, 25(1), 29–44. <http://doi.org/10.3233/NRE-2009-0497>
- Akamatsu, T., Fukuyama, H., & Kawamata, T. (2008). The effects of visual, auditory, and mixed cues on choice reaction in Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 269(1-2), 118–125. <http://doi.org/10.1016/j.jns.2008.01.002>
- Almeida, Q. J., & Bhatt, H. (2012). A Manipulation of Visual Feedback during Gait Training in Parkinson's Disease. *Parkinson's Disease*, 2012, 508720. <http://doi.org/10.1155/2012/508720>
- Bleuse, S., Cassim, F., Blatt, J.-L., Labyt, E., Bourriez, J.-L., Derambure, P., ... Defebvre, L. (2008). Anticipatory postural adjustments associated with arm movement in Parkinson's disease: a biomechanical analysis. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 79(8), 881–887. <http://doi.org/10.1136/jnnp.2006.107318>
- Bloem, B. R., Grimbergen, Y. A. M., van Dijk, J. G., & Munneke, M. (2006). The «posture second» strategy: a review of wrong priorities in Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 248(1-2), 196–204. <http://doi.org/10.1016/j.jns.2006.05.010>
- Brucki, S. M. D., Nitrini, R., Caramelli, P., Bertolucci, P. H. F., & Okamoto, I. H. (2003). [Suggestions for utilization of the mini-mental state examination in Brazil]. *Arquivos De Neuro-Psiquiatria*, 61(3B), 777–781.
- Buccino, G., Gatti, R., Giusti, M. C., Negrotti, A., Rossi, A., Calzetti, S., & Cappa, S. F. (2011). Action observation treatment improves autonomy in daily activities in Parkinson's disease patients: results from a pilot study. *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society*, 26(10), 1963–1964. <http://doi.org/10.1002/mds.23745>
- Camicioli, R. M., Wieler, M., de Frias, C. M., & Martin, W. R. W. (2008). Early, untreated Parkinson's disease patients show reaction time variability. *Neuroscience Letters*, 441(1), 77–80. <http://doi.org/10.1016/j.neulet.2008.06.004>
- Chang, Y.-J., Chen, S.-F., & Huang, J.-D. (2011). A Kinect-based system for physical rehabilitation: a pilot study for young adults with motor disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 32(6), 2566–2570. <http://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.07.002>
- Cho, C., Kunin, M., Kudo, K., Osaki, Y., Olanow, C. W., Cohen, B., & Raphan, T. (2010). Frequency-velocity mismatch: a fundamental abnormality in parkinsonian gait. *Journal of Neurophysiology*, 103(3), 1478–1489. <http://doi.org/10.1152/jn.00664.2009>
- de Bruin, N., Doan, J. B., Turnbull, G., Suchowersky, O., Bonfield, S., Hu, B., & Brown, L. A. (2010). Walking with music is a safe and viable tool for gait training in Parkinson's disease: the effect of a 13-week feasibility study on single and dual task walking. *Parkinson's Disease*, 2010, 483530. <http://doi.org/10.4061/2010/483530>
- de Dreu, M. J., van der Wilk, A. S. D., Poppe, E., Kwakkel, G., & van Wegen, E. E. H. (2012). Rehabilitation, exercise therapy and music in patients with Parkinson's disease: a meta-analysis of the effects of music-based movement therapy on walking ability, balance and quality of life. *Parkinsonism & Related Disorders*, 18 Suppl 1, S114–119. [http://doi.org/10.1016/S1353-8020\(11\)70036-0](http://doi.org/10.1016/S1353-8020(11)70036-0)
- Dromey, C., Jarvis, E., Sondrup, S., Nissen, S., Foreman, K. B., & Dibble, L. E. (2010). Bidirectional interference between speech and postural stability in individuals with Parkinson's disease. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 12(5), 446–454. <http://doi.org/10.3109/17549507.2010.485649>
- Espay, A. J., Baram, Y., Dwivedi, A. K., Shukla, R., Gartner, M., Gaines, L., ... Revilla, F. J. (2010). At-home training with closed-loop augmented-reality cueing device for improving gait in patients with Parkinson disease. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 47(6), 573–581.
- Goetz, C. G., Poewe, W., Rascol, O., Sampaio, C., Stebbins, G. T., Counsell, C., ... Movement Disorder Society Task Force on Rating Scales for Parkinson's Disease. (2004). Movement Disorder Society Task Force report on the Hoehn and Yahr staging scale: status and recommendations. *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society*, 19(9), 1020–1028. <http://doi.org/10.1002/mds.20213>
- Goodwin, V. A., Richards, S. H., Taylor, R. S., Taylor, A. H., & Campbell, J. L. (2008). The effectiveness of exercise interventions for people with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Movement Disorders*, 23(5), 631–640. <http://doi.org/10.1002/mds.21922>
- Griffin, H. J., Greenlaw, R., Limousin, P., Bhatia, K., Quinn, N. P., & Jahanshahi, M. (2011). The effect of real and virtual visual cues on walking in Parkinson's disease. *Journal of Neurology*, 258(6), 991–1000. <http://doi.org/10.1007/s00415-010-5866-z>
- Guadagnoli, M. A., & Lee, T. D. (2004). Challenge point: a framework for conceptualizing the effects of various practice conditions in motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 36(2), 212–224. <http://doi.org/10.3200/JMBR.36.2.212-224>
- Herz, N. B., Mehta, S. H., Sethi, K. D., Jackson, P., Hall, P., & Morgan, J. C. (2013). Nintendo Wii rehabilitation («Wii-hab») provides benefits in Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*, 19(11), 1039–1042. <http://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2013.07.014>
- Holden, M. K. (2005). Virtual environments for motor rehabilitation: review. *Cyberpsychology & Behavior: The Impact of the Internet, Multimedia*

- and *Virtual Reality on Behavior and Society*, 8(3), 187–211; discussion 212–219. <http://doi.org/10.1089/cpb.2005.8.187>
- Holmes, J. D., Jenkins, M. E., Johnson, A. M., Adams, S. G., & Spaulding, S. J. (2010). Dual-task interference: the effects of verbal cognitive tasks on upright postural stability in Parkinson's disease. *Parkinson's Disease*, 2010, 696492. <http://doi.org/10.4061/2010/696492>
- Hughes, A. J., Daniel, S. E., Kilford, L., & Lees, A. J. (1992). Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: a clinicopathological study of 100 cases. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 55(3), 181–184.
- Ilg, W., Schatton, C., Schicks, J., Giese, M. A., Schöls, L., & Synofzik, M. (2012). Video game-based coordinative training improves ataxia in children with degenerative ataxia. *Neurology*, 79(20), 2056–2060. <http://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182749e67>
- Krakauer, J. W. (2006). Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation. *Current Opinion in Neurology*, 19(1), 84–90.
- Lange, B., Chang, C.-Y., Suma, E., Newman, B., Rizzo, A. S., & Bolas, M. (2011). Development and evaluation of low cost game-based balance rehabilitation tool using the Microsoft Kinect sensor. *Conference Proceedings: ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference, 2011*, 1831–1834. <http://doi.org/10.1109/IEMBS.2011.6090521>
- Latash, M. L., Aruin, A. S., Neyman, I., & Nicholas, J. J. (1995). Anticipatory postural adjustments during self inflicted and predictable perturbations in Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 58(3), 326–334.
- Lloréns, R., Alcañiz, M., Colomer, C., & Navarro, M. D. (2012). Balance recovery through virtual stepping exercises using Kinect skeleton tracking: a follow-up study with chronic stroke patients. *Studies in Health Technology and Informatics*, 181, 108–112.
- Lohnes, C. A., & Earhart, G. M. (2011). The impact of attentional, auditory, and combined cues on walking during single and cognitive dual tasks in Parkinson disease. *Gait & Posture*, 33(3), 478–483. <http://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.12.029>
- Mak, M. K. Y., Yu, L., & Hui-Chan, C. W. Y. (2013). The immediate effect of a novel audio-visual cueing strategy (simulated traffic lights) on dual-task walking in people with Parkinson's disease. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 49(2), 153–159.
- Mancini, M., Zampieri, C., Carlson-Kuhta, P., Chiari, L., & Horak, F. B. (2009). Anticipatory postural adjustments prior to step initiation are hypometric in untreated Parkinson's disease: an accelerometer-based approach. *European Journal of Neurology*, 16(9), 1028–1034. <http://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2009.02641.x>
- Meldrum, D., Herdman, S., Moloney, R., Murray, D., Duffy, D., Malone, K., ... McConn-Walsh, R. (2012). Effectiveness of conventional versus virtual reality based vestibular rehabilitation in the treatment of dizziness, gait and balance impairment in adults with unilateral peripheral vestibular loss: a randomised controlled trial. *BMC Ear, Nose, and Throat Disorders*, 12, 3. <http://doi.org/10.1186/1472-6815-12-3>
- Mendes, F. A. dos S., Pompeu, J. E., Lobo, A. M., da Silva, K. G., Oliveira, T. de P., Zomignani, A. P., & Piemonte, M. E. P. (2012). Motor learning, retention and transfer after virtual-reality-based training in Parkinson's disease – effect of motor and cognitive demands of games: a longitudinal, controlled clinical study. *Physiotherapy*, 98(3), 217–223. <http://doi.org/10.1016/j.physio.2012.06.001>
- Mhatre, P. V., Vilares, I., Stibb, S. M., Albert, M. V., Pickering, L., Marciniak, C. M., ... Toledo, S. (2013). Wii Fit balance board playing improves balance and gait in Parkinson disease. *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*, 5(9), 769–777. <http://doi.org/10.1016/j.pmrj.2013.05.019>
- Muslimovic, D., Post, B., Speelman, J. D., & Schmand, B. (2007). Motor procedural learning in Parkinson's disease. *Brain: A Journal of Neurology*, 130(Pt 11), 2887–2897. <http://doi.org/10.1093/brain/awm211>
- Pelosin, E., Avanzino, L., Bove, M., Stramesi, P., Nieuwboer, A., & Abbruzzese, G. (2010). Action observation improves freezing of gait in patients with Parkinson's disease. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 24(8), 746–752. <http://doi.org/10.1177/1545968310368685>
- Pompeu, J. E., Arduini, L. A., Botelho, A. R., Fonseca, M. B. F., Pompeu, S. M. a. A., Torriani-Pasin, C., & Deutsch, J. E. (2014). Feasibility, safety and outcomes of playing Kinect Adventures!™ for people with Parkinson's disease: a pilot study. *Physiotherapy*, 100(2), 162–168. <http://doi.org/10.1016/j.physio.2013.10.003>
- Pompeu, J. E., Mendes, F. A. D. S., Silva, K. G. da, Lobo, A. M., Oliveira, T. de P., Zomignani, A. P., & Piemonte, M. E. P. (2012). Effect of Nintendo Wii™-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: a randomised clinical trial. *Physiotherapy*, 98(3), 196–204. <http://doi.org/10.1016/j.physio.2012.06.004>
- Rostami, H. R., & Ashayeri, H. (2009). Effects of motor skill practice on reaction time and learning retention in Parkinson's disease. *Neurology India*, 57(6), 768–771. <http://doi.org/10.4103/0028-3886.59474>

- Shmuelof, L., & Krakauer, J. W. (2011). Are we ready for a natural history of motor learning? *Neuron*, 72(3), 469–476. <http://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.10.017>
- Silva, F. S., Pabis, J. V. P., Alencar, A. G., Silva, K. B., & Navarro-Peternella, F. M. (2010). Evolução da doença de Parkinson e comprometimento da qualidade de vida. *Revista Neurociências*, 18(4), 463–468.
- Spildooren, J., Vercruyse, S., Meyns, P., Vandenbossche, J., Heremans, E., Desloovere, K., ... Nieuwboer, A. (2012). Turning and unilateral cueing in Parkinson's disease patients with and without freezing of gait. *Neuroscience*, 207, 298–306. <http://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2012.01.024>
- Taylor, M. J. D., McCormick, D., Shawis, T., Impson, R., & Griffin, M. (2011). Activity-promoting gaming systems in exercise and rehabilitation. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 48(10), 1171–1186.
- Tomlinson, C. L., Patel, S., Meek, C., Herd, C. P., Clarke, C. E., Stowe, R., ... Ives, N. (2012). Physiotherapy intervention in Parkinson's disease: systematic review and meta-analysis. *BMJ: British Medical Journal*, 345, e5004.
- Waterston, J. A., Hawken, M. B., Tanyeri, S., Jäntti, P., & Kennard, C. (1993). Influence of sensory manipulation on postural control in Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 56(12), 1276–1281.
- Williams, M. A., Soiza, R. L., Jenkinson, A. M., & Stewart, A. (2010). EXercising with Computers in Later Life (EXCELL) - pilot and feasibility study of the acceptability of the Nintendo® WiiFit in community-dwelling fallers. *BMC Research Notes*, 3, 238. <http://doi.org/10.1186/1756-0500-3-238>
- Yamada, M., Aoyama, T., Nakamura, M., Tanaka, B., Nagai, K., Tatematsu, N., ... Ichihashi, N. (2011). The reliability and preliminary validity of game-based fall risk assessment in community-dwelling older adults. *Geriatric Nursing*, 32(3), 188–194. <http://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2011.02.002>
- Zimmermann, R., Gschwandtner, U., Benz, N., Hatz, F., Schindler, C., Taub, E., & Fuhr, P. (2014). Cognitive training in Parkinson disease: cognition-specific vs nonspecific computer training. *Neurology*, 82(14), 1219–1226. <http://doi.org/10.1212/WNL.0000000000000287>

